COMPTE RENDU

DES SEANCES

DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 16 FÉVRIER 1863.

PRÉSIDENCE DE M. VELPEAU.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. **Élie de Beaumont** fait hommage à l'Académie de son Éloge historique d'Œrsted, un des huit Associés étrangers, Éloge qu'il a prononcé dans la séance publique annuelle du 29 décembre 1862.

PHYSIQUE MATHÉMATIQUE. — *Mouvement d'un fil élastique soumis à l'action d'un courant de fluide animé d'une vitesse constante; par* M. **Duhamel.**

« On a beaucoup étudié le mouvement d'un fil soumis à l'action de forces quelconques, et j'ai ramené à ce cas celui du mouvement résultant de l'action d'un archet, ou d'un corps quelconque produisant un frottement; mais on n'a pas encore, à ma connaissance, calculé l'action d'un courant uniforme de fluide sur un fil élastique ayant ses deux extrémités fixes. Ce problème présente des particularités qui, je crois, ne s'étaient pas encore rencontrées, et qu'il n'est peut-être pas sans intérêt de signaler.

» La méthode le plus souvent employée, soit dans la théorie de la chaleur, soit dans celle des mouvements moléculaires, consiste à décomposer l'état général du système en une série dont les différents termes représentent tous les états simples dont ce système est susceptible. Lorsque le phénomène dépend du temps, un état simple est le produit d'une fonction du temps

par une fonction des coordonnées. Cette fonction du temps varie d'un terme à l'autre parce qu'elle renferme dans son expression générale le nombre qui désigne le rang du terme; mais cette expression ne change pas de forme dans toute l'étendue de la série. Or, dans la question que nous allons traiter, les états simples peuvent avoir deux formes réelles très-différentes qui correspondent à des mouvements très-dissemblables. La fonction du temps est dans les premières une exponentielle, et dans les secondes un sinus ou un cosinus; d'où résulte pour les premières un mouvement qui n'a rien de périodique et qui va en se ralentissant indéfiniment, tandis que l'on a pour les autres un mouvement périodique par l'un de ses facteurs, mais qui, par l'effet d'un facteur commun à tous les termes, se ralentit lui-même indéfiniment sans devenir jamais rigoureusement nul. C'est cette singularité d'un changement de forme dans la fonction réelle du temps, qui s'opère à un certain point de la série, qui m'a fait penser que cette question pourrait offrir quelque intérêt aux géomètres.

» Je signalerai encore quelques différences remarquables entre le mouvement produit par un courant et celui qui résulte de l'action d'un corps frottant. Ce dernier, comme je l'ai démontré autrefois, est le même que si le fil était abandonné à lui-même, en partant d'un certain état initial, toutes les fois que la vitesse relative du corps frottant a constamment le même sens; d'où résulte un son indépendant de la vitesse de ce corps, qui est le même que si la corde était pincée, et qui ne s'affaiblirait nullement s'il n'existait aucune cause étrangère de déperdition. Au contraire, dans le cas d'un courant, le son fondamental résultant du mouvement simultané de tous les points du fil, lorsque toutefois il existe, est toujours au-dessous de celui qui résulterait du mouvement libre du fil; il varie avec la vitesse du courant, et il s'affaiblit indéfiniment par l'action même des causes données, et indépendamment de toute influence étrangère.

» Le nombre des vibrations qui lui correspondent ne varie pas en raison inverse de la longueur du fil et de la racine carrée de sa densité, ni en raison directe de la tension; son expression dépend non-seulement de ces quantités, mais encore de la vitesse du courant.

» Mais il peut arriver que le fil n'ait pas de mouvement périodique d'ensemble, et cela dépend du rapport de la vitesse du courant avec les données relatives au fil. Dans ce cas, le son le plus grave correspond à une division du fil en un certain nombre de parties égales, et la durée de la vibration dépend de ce nombre et de la vitesse du courant, ainsi que des autres données.

» Soient :

» A et B les extrémités du fil ;

» p le poids de l'unité de longueur rapporté au kilogramme comme unité de force ;

» ε sa masse, ou $\frac{p}{g}$;

» l la longueur AB exprimée en mètres ;

» t le temps exprimé en secondes ;

» x, y, z les coordonnées comptées, la première à partir de l'origine A vers AB, les deux autres suivant deux axes rectangulaires situés dans un plan perpendiculaire sur AB ;

» ω la vitesse du courant.

» Nous supposerons que cette vitesse soit plus grande que celle d'un point quelconque de la corde, ce qui sera d'ailleurs facile à vérifier à posteriori.

» Cela posé, soient u, y, z les composantes du déplacement à une époque quelconque d'un point M dont l'abscisse était x dans l'état naturel du fil ; de sorte que les coordonnées de ce même point matériel soient à cette époque

$$x+u, \quad y, \quad z,$$

u, y, z seront des fonctions inconnues de x et t.

» Soient encore X, Y, Z les forces extérieures appliquées aux différents points du fil et rapportées à l'unité de masse ; les équations générales des mouvements très-petits de ces points seront, comme on sait,

$$(1) \quad \left\{ \begin{aligned} \frac{d^2 u}{dt^2} &= X + \frac{1}{\delta\varepsilon}\frac{d^2 u}{dx^2}, \\ \frac{d^2 y}{dt^2} &= Y + \frac{\tau}{\varepsilon}\frac{d^2 y}{dx^2}, \\ \frac{d^2 z}{dt^2} &= Z + \frac{\tau}{\varepsilon}\frac{d^2 z}{dt^2}. \end{aligned} \right.$$

» Il s'agit maintenant de les appliquer à la question actuelle. Nous supposerons, pour simplifier le calcul, qu'on puisse négliger l'action de la pesanteur, et que tous les points du fil soient d'abord dans un même plan parallèle à la direction du courant ; il est clair qu'ils resteront constamment dans ce même plan ; et cela aurait encore lieu, même en tenant compte de la pesanteur, si ce plan était vertical.

» Prenons l'axe des y dans ce plan et les y positifs dans le sens de la vitesse du courant ; on devra se borner alors aux deux premières des équa-

tions (1). La seule force extérieure étant la pression du fluide, et s'exerçant perpendiculairement à la courbe qu'affecte le fil, sa direction peut être regardée comme celle de l'axe même des y, puisque la tangente à cette courbe est supposée faire des angles très-petits avec l'axe des x. On aura donc d'abord

$$X = 0,$$

et la valeur de u se déterminerait d'après les valeurs initiales de u et $\frac{du}{dt}$, indépendamment de y. Cette discussion est trop connue pour que nous nous en occupions; les vibrations longitudinales qu'on en déduirait coexisteraient avec les vibrations longitudinales déterminées par les valeurs de y, et qui sont les seules dont nous ayons à nous occuper.

» L'équation unique du mouvement est donc ainsi

$$\frac{d^2y}{dt^2} = Y + \frac{\tau}{\varepsilon}\frac{d^2y}{dx^2}.$$

Pour avoir l'expression de la force Y, nous admettrons que la pression du fluide est proportionnelle à la puissance m de la vitesse relative du courant; elle s'exercera toujours dans le sens de cette vitesse relative qui sera celui du courant lui-même, ou des y positifs, puisque sa vitesse absolue est toujours supposée plus grande que celle des points de la corde. Cette vitesse relative étant $\omega - \frac{dy}{dt}$, la pression serait de la forme $\mu\left(\omega - \frac{dy}{dt}\right)$, μ désignant une constante connue. Il en résultera sur l'unité de masse du fil une force que l'on pourra représenter par $\frac{g}{k^m}\left(\omega - \frac{dy}{dt}\right)^m$, k étant la vitesse qu'il faudrait donner au courant pour qu'il produisît une pression totale égale au poids du fil. Si de plus nous supposons que la vitesse $\frac{dy}{dt}$ soit toujours une très-petite fraction de ω, dont on puisse négliger les puissances supérieures à la première, la force produite par le courant sur l'unité de masse, ou Y, aura pour valeur

$$\frac{g\omega^m}{k^m}\left(1 - \frac{m}{\omega}\frac{dy}{dt}\right),$$

et l'équation du mouvement sera, en remplaçant ε par $\frac{p}{g}$,

$$\frac{d^2y}{dt^2} = \frac{g\tau}{p}\frac{d^2y}{dx^2} - \frac{mg\omega^{m-1}}{k^m}\frac{dy}{dt} + \frac{g\omega^m}{k^m},$$

d'où l'on voit que le problème est le même que si tous les points du fil étaient sollicités par la force constante $\frac{g\omega^m}{k^m}$ et que le mouvement eût lieu dans un milieu offrant une résistance proportionnelle à la puissance $m-1$ de la vitesse.

» Lorsque la vitesse relative d'un corps et du milieu dans lequel il est plongé n'est pas très-petite, et ne dépasse pas cependant une certaine limite, l'expérience montre que la résistance est proportionnelle au carré de cette vitesse. Si nous nous plaçons dans ces conditions, il faudra supposer $m=2$, et l'équation du mouvement deviendra

$$(2) \qquad \frac{d^2 y}{dt^2} = \frac{g\tau}{p}\frac{d^2 y}{dx^2} - \frac{2g\omega}{k^2}\frac{dy}{dt} + \frac{g\omega^2}{k^2}.$$

» A cette équation générale il faudra ajouter les conditions suivantes :

$$(3) \qquad y = 0 \text{ pour } \begin{cases} x = 0 \\ x = l \end{cases};$$

$$(4) \qquad \begin{cases} y = \mathrm{F}(x) \\ \frac{dy}{dt} = f(x) \end{cases} \text{pour } t = 0.$$

On se débarrassera d'abord du dernier terme de l'équation (2) en posant

$$y = u + y',$$

y' désignant une fonction de x déterminée par les équations

$$\frac{d^2 y'}{dt^2} + \frac{p\omega^2}{\tau k^2} = 0,$$

$$y' = 0 \text{ pour } \begin{cases} x = 0 \\ x = l \end{cases},$$

ce qui donne

$$(5) \qquad y' = \frac{p\omega^2}{2\tau k^2}(lx - x^2),$$

et l'on aura, pour déterminer u,

$$(6) \qquad \frac{d^2 u}{dt^2} + \frac{2g\omega}{k^2}\frac{du}{dt} = \frac{\tau g}{p}\frac{d^2 u}{dx^2},$$

$$(7) \qquad u = 0 \text{ pour } \begin{cases} x = 0 \\ x = l \end{cases},$$

$$(8) \qquad \begin{cases} u = \mathrm{F}(x) - y' \\ \frac{du}{dt} = f(x) \end{cases} \text{pour } t = 0,$$

d'où l'on voit que u exprime le déplacement des points par rapport à la position où ils resteraient en équilibre sous l'action du courant, et l'équation est la même que si ce mouvement relatif avait lieu dans un milieu en repos, donnant une résistance proportionnelle à la vitesse, avec le coefficient $\frac{2g\omega}{k^2}$. Pour intégrer l'équation (6) nous poserons

$$u = e^{-\frac{g\omega}{k^2}t} v,$$

ce qui donnera

$$(9) \qquad \frac{d^2 v}{dt^2} - \frac{g^2\omega^2}{k^4} v = \frac{\tau}{\varepsilon} \frac{d^2 v}{dx^2},$$

v satisfaisant aux équations (7) et (8) dans lesquelles on remplacerait u par v.

» Si maintenant on pose

$$v = w \sin \frac{n\pi x}{l},$$

l'équation (9) deviendra

$$(10) \qquad \frac{d^2 w}{dt^2} + \left(\frac{g\tau n^2\pi^2}{pl^2} - \frac{g^2\omega^2}{k^4}\right) w = 0.$$

» Cette équation fait voir que le problème présente des circonstances particulières qui ne s'étaient pas encore rencontrées, du moins à ma connaissance. Elle coïncide avec l'équation ordinaire des cordes vibrantes lorsque $\omega = 0$, comme cela devait être, et s'intègre alors au moyen de sinus et de cosinus. Il en est encore ainsi lorsque le coefficient de w est positif; mais s'il est négatif on a des exponentielles, et ces deux formes, qui donnent lieu à des conséquences physiques si différentes, sont également possibles puisque le coefficient de w se compose de deux termes de signes contraires.

» Et ce qu'il y a de singulier, c'est que s'il y a des exponentielles, ce ne sera que pour les valeurs de n depuis zéro jusqu'à une limite déterminée, après laquelle se présenteront indéfiniment des valeurs périodiques par rapport au temps, de sorte que la série qui représentera le mouvement général du fil aura des termes dont la forme restera la même jusqu'à un point déterminé où elle changera brusquement et passera des exponentielles aux sinus et cosinus.

» *Cas où tous les états simples sont périodiques.* — Examinons d'abord le

cas où le signe du coefficient de w est toujours le même, par conséquent positif, ce qui exige qu'il le soit pour $n = 1$, c'est-à-dire que l'on ait

$$(11) \qquad \frac{g\omega}{k^2} < \frac{\pi}{l}\sqrt{\frac{g\tau}{p}} \quad \text{ou} \quad \omega < \frac{\pi k^2}{l}\sqrt{\frac{\tau}{gp}},$$

l'équation (10) donnera

$$w = \text{A}\sin . t\sqrt{\frac{n^2\pi^2 g\tau}{pl^2} - \frac{g^2\omega^2}{k^4}} + \text{B}\cos . t\sqrt{\frac{n^2\pi^2 g\tau}{pl^2} - \frac{g^2\omega^2}{k^4}}.$$

De là résultera une valeur de v et par suite de u. On en aura une plus générale en ajoutant toutes ces valeurs, depuis $n = 1$ jusqu'à n infini; et la valeur générale de u sera

$$(12)\ u = e^{-\frac{g\omega t}{k^2}} \sum \sin\frac{n\pi x}{l}\left(\text{A}\sin . t\sqrt{\frac{n^2\pi^2 g\tau}{pl^2} - \frac{g^2\omega^2}{k^4}} + \text{B}\cos . t\sqrt{\frac{n^2\pi^2 g\tau}{pl^2} - \frac{g^2\omega^2}{k^4}}\right).$$

» Et c'est bien là la valeur la plus générale de u, car on peut déterminer les coefficients A et B de manière à satisfaire à un état initial quelconque, c'est-à-dire aux équations (8).

» Il suffira, en effet, de prendre

$$\text{B} = \frac{2}{l}\int_0^l \sin\frac{n\pi\alpha}{l}\left[\text{F}(\alpha) - \frac{p\omega^2}{2\tau k^2}(l\alpha - \alpha^2)\right]d\alpha,$$

$$\text{A} = \frac{1}{\sqrt{\frac{n^2\pi^2 g\tau}{pl^2} - \frac{g^2\omega^2}{k^4}}}\left[\frac{2}{l}\int_0^l f(\alpha)\sin\frac{n\pi\alpha}{l}\,d\alpha + \frac{g\omega}{k^2}\text{B}\right].$$

L'équation (12) fera alors connaître complétement le mouvement du fil de part et d'autre de sa position finale d'équilibre donnée par l'équation

$$y = \frac{p\omega^2}{\tau k^2}(lx - x^2),$$

et qu'il n'atteindra que pour $t = \infty$ qui donne $u = 0$.

» *Sons et mouvements simples.* — Ce mouvement relatif résulte de la superposition d'une infinité de mouvements simples qui s'accomplissent dans des intervalles de temps invariables, et d'autant plus courts que n est plus grand. L'amplitude de ces mouvements va en diminuant indéfiniment à cause du facteur $e^{-\frac{g\omega^2}{k^2}t}$ qui leur est commun; mais chacun d'eux, s'il

existait seul, donnerait lieu à un son correspondant à une durée de vibration θ donnée par la formule

$$\theta = \frac{2\pi}{\sqrt{\frac{n^2\pi^2 g\tau}{pl^2} - \frac{g^2\omega^2}{k^4}}}.$$

» Dans ce mouvement simple le fil se partage en n parties égales ayant leurs extrémités fixes et vibrant séparément.

» Les durées relatives aux diverses valeurs de u sont généralement incommensurables entre elles, ce qui n'empêche pas d'entendre à la fois les sons respectifs qui leur correspondent. Le plus grave se rapporte à $n = 1$, et la durée de la vibration est

$$\frac{2\pi}{\sqrt{\frac{\pi^2 g\tau}{pl^2} - \frac{g^2\omega^2}{k^4}}}.$$

On voit qu'elle est plus grande que si l'on avait $a = 0$, ce qui serait le cas de la corde placée dans le vide et abandonnée à elle-même, en partant d'un état initial quelconque; et par conséquent l'effet d'un courant de fluide est différent de celui d'un archet, dans le cas même où tous les états simples sont périodiques.

» Le son fondamental est plus grave, et il ne varie point en raison inverse de la longueur du fil, inverse de la raison carrée de sa densité et directe de sa tension.

» *Cas où tous les états simples ne sont pas périodiques.* — Examinons maintenant le cas où l'on aurait

$$\omega > \frac{\pi k^2}{l}\sqrt{\frac{\tau}{gp}},$$

et soit m la plus petite valeur de n qui rende

$$\omega < \frac{n\pi k^2}{l}\sqrt{\frac{\tau}{gp}};$$

pour toute valeur de n au-dessous de m, l'équation (10) donnera

$$w = Ae^{t\sqrt{\frac{g^2\omega^2}{k^4} - \frac{n^2\pi^2 g\tau}{pl^2}}} + Be^{-t\sqrt{\frac{g^2\omega^2}{k^4} - \frac{n^2\pi^2 g\tau}{pl^2}}},$$

la valeur correspondante de u sera

$$u = e^{-\frac{g\omega}{k^2}t} \sin\frac{n\pi x}{l}\left(\mathrm{A}\,e^{t\sqrt{\frac{g^2\omega^2}{k^4}-\frac{n^2\pi^2 g\tau}{pl^2}}} + \mathrm{B}\,e^{-t\sqrt{\frac{g^2\omega^2}{k^4}-\frac{n^2\pi^2 g\tau}{pl^2}}}\right),$$

et la valeur générale sera exprimée par la série suivante :

$$(13)\quad \left\{ \begin{aligned} u = e^{-\frac{g\omega}{k^2}t} \Bigg[& \sum_{1}^{m-1} \sin\frac{n\pi x}{l}\left(\mathrm{A}e^{t\sqrt{\frac{g^2\omega^2}{k^4}-\frac{n^2\pi^2 g\tau}{pl^2}}} + \mathrm{B}e^{-t\sqrt{\frac{g^2\omega^2}{k^4}-\frac{n^2\pi^2 g\tau}{pl^2}}}\right) \\ & + \sum_{m}^{\infty} \sin\frac{n\pi x}{l}\left(\mathrm{M}\sin.t\sqrt{\frac{n^2\pi^2 g\tau}{pl^2}-\frac{g^2\omega^2}{k^4}} + \mathrm{N}\cos.t\sqrt{\frac{n^2\pi^2 g\tau}{pl^2}-\frac{g^2\omega^2}{k^4}}\right)\Bigg]. \end{aligned} \right.$$

Cette expression se compose de deux suites, l'une finie, l'autre infinie, soumises à une loi unique par rapport à x, mais différente par rapport à t, du moins tant qu'on veut rester dans les formes réelles. Il pourrait même arriver qu'il y eût entre les deux un terme qui ne fût ni de l'une ni de l'autre forme par rapport à t; c'est le cas où pour une certaine valeur μ de n on aurait

$$\frac{g\omega}{k^2} = \frac{\mu\pi}{l}\sqrt{\frac{g\tau}{p}}, \quad \text{d'où} \quad \mu = \frac{l\omega}{\pi k^2}\sqrt{\frac{gp}{\tau}}.$$

Il faudrait donc que cette dernière expression fût un membre entier, circonstance si exceptionnelle qu'on pourrait se dispenser de la considérer, si l'on n'avait en vue que la détermination du phénomène physique. L'équation (10) se réduirait alors à

$$\frac{d^2 w}{dt^2} = 0$$

et donnerait

$$w = \alpha t + 6;$$

la valeur correspondante de u serait

$$u = e^{-\frac{g\omega}{k^2}t} \sin\frac{\mu\pi x}{l}(\alpha t + 6);$$

la première série de la formule (13) s'arrêterait à $n = \mu - 1$, et la seconde

commencerait à $n = \mu + 1$. Quant à la détermination des coefficients de la série (13), ainsi modifiée quand il le faudra, elle se fera de la même manière que pour la formule (12). On fera d'abord $t = 0$ et on identifiera le résultat à $F(x) - y'$, ce qui donnera

$$(14)\quad F(x) - \frac{p\omega^2}{2\tau k^2}(lx - x^2) = \sum_1^{\mu-1} \sin\frac{n\pi x}{l}(A + B) + \mathfrak{b} \sin\frac{\mu\pi x}{l} + \sum_{\mu+1}^{\infty} N \sin\frac{n\pi x}{l}.$$

Développant le premier membre en série, procédant suivant les sinus multiples de $\frac{\pi x}{l}$, et identifiant les coefficients, on déterminera les valeurs de $A + B$, $\mathfrak{b}$ et N.

» Égalant ensuite à $f(x)$ la valeur de $\frac{du}{dt}$ pour $t = 0$, on aura

$$f(x) = -\frac{g\omega}{k^2}\left[\sum_1^{\mu-1}(A + B)\sin\frac{n\pi x}{l} + \mathfrak{b}\sin\frac{\mu\pi x}{l} + \sum_{\mu+1}^{\infty} N \sin\frac{n\pi x}{l}\right]$$

$$+ \left[\sum_1^{\mu-1} \sin\frac{n\pi x}{l}\cdot(A - B)\sqrt{\frac{g^2\omega^2}{k^4} - \frac{n^2\pi^2 g\tau}{pl^2}} + \alpha \sin\frac{\mu\pi x}{l}\right.$$

$$\left. + \sum_{\mu+1}^{\infty} M \sqrt{\frac{n^2\pi^2 g\tau}{pl^2} - \frac{g^2\omega^2}{k^4}}\cdot\sin\frac{n\pi x}{l}\right],$$

ou, en vertu de l'équation (14),

$$f(x) + \frac{g\omega}{k^2}\left[F(x) - \frac{p\omega^2}{2\tau k^2}(lx - x^2)\right]$$

$$= \sum_1^{\mu-1}\left[(A - B)\sqrt{\left(\frac{g^2\omega^2}{k^4} - \frac{n^2\pi^2 g\tau}{pl^2}\right)} \sin\frac{n\pi x}{l} + \alpha \sin\frac{\mu\pi x}{l}\right.$$

$$\left. + \sum_{\mu+1}^{\infty} M \sqrt{\left(\frac{n^2\pi^2 g\tau}{pl^2} - \frac{g^2\omega^2}{k^4}\right)} \sin\frac{n\pi x}{l}\right].$$

Cette identité déterminera $A - B$, α, M.

» Connaissant ainsi $A - B$, et $A + B$ étant déjà connu, on connaîtra A et B; puis α, $\mathfrak{b}$, M, N étant déterminés, tous les coefficients de la formule (13) le seront, et le problème sera complétement résolu.

» *États simples non périodiques.* — La valeur de u, qui représente un

quelconque de ces états, est, comme nous l'avons vu,

$$u = e^{-\frac{g\omega t}{k^2}} \sin\frac{n\pi x}{l}\left(\mathrm{A}\,e^{t\sqrt{\frac{g^2\omega^2}{k^4}-\frac{n^2\pi^2 g\tau}{pl^2}}} + \mathrm{B}e^{-t\sqrt{\frac{g^2\omega^2}{k^4}-\frac{n^2\pi^2 g\tau}{pl^2}}}\right).$$

Cette expression ne renfermant le temps que dans les exposants ne donne lieu à aucune périodicité dans le mouvement de chaque point du fil. Ce mouvement tend indéfiniment à s'anéantir, à mesure que t croît, parce que le coefficient $\sqrt{\frac{g^2\omega^2}{k^4}-\frac{n^2\pi^2 g\tau}{pl^2}}$ est évidemment plus petit que $\frac{g\omega}{k^2}$; et par conséquent, après la multiplication effectuée, les coefficients de t sont négatifs dans les deux exposants. Mais il ne s'ensuit pas que u décroisse depuis le commencement du mouvement : il est possible qu'il croisse jusqu'à une certaine valeur absolue maximum, à partir de laquelle il décroîtra d'une manière continue jusqu'à zéro. Cela dépendra de la valeur des coefficients, comme il est facile de s'en assurer.

» Les points du fil qui restent immobiles sont déterminés par la condition

$$\sin\frac{n\pi x}{l} = 0 \quad \text{ou} \quad \frac{n\pi x}{l} = m\pi,$$

m désignant un nombre entier quelconque. On tire de là

$$x = m\frac{l}{n},$$

ce qui donne les divers points de division du fil en n parties égales.

» Pour $n = 1$ il n'y a aucun point immobile entre les deux extrémités, et l'on a un mouvement d'ensemble de tous les points du fil.

» S'il y a un terme qui renferme t au premier degré, l'état simple correspondant sera représenté par

$$u = e^{-\frac{g\omega}{k^2}t}(\alpha t + \text{б})\sin\frac{\mu\pi x}{l},$$

et offrira les mêmes circonstances que les précédents; il tendra indéfiniment à s'anéantir parce que l'on a $te^{-\frac{g\omega}{k^2}t}$ nul pour t infini; et il pourra aussi donner lieu à un maximun de valeur absolue à partir duquel il décroîtra indéfiniment.

» *États simples périodiques.* — La seconde série de la formule (13) se compose des termes qui présentent des états périodiques et correspondant à des sons qui se font entendre à la fois. Le plus grave de ces sons est donné par le premier terme de cette série ; il correspond au mouvement simple représenté par l'équation

$$u = e^{-\frac{g\omega t}{k^2}} \sin\frac{m\pi x}{l}\left(\mathrm{M}\sin t\sqrt{\frac{m^2\pi^2 g\tau}{pl^2} - \frac{g^2\omega^2}{k^4}} + \mathrm{N}\cos t\sqrt{\frac{m^2\pi^2 g\tau}{pl^2} - \frac{g^2\omega^2}{k^4}}\right).$$

Ce son est d'autant plus aigu que $\dfrac{2\pi}{\sqrt{\dfrac{m^2\pi^2 g\tau}{pl^2} - \dfrac{g^2\omega^2}{k^4}}}$ est plus petit, et par suite que m est plus grand.

» Les points du fil qui restent immobiles sont déterminés par la condition $\sin\frac{m\pi x}{l} = 0$ et ne sont autre chose par conséquent que les points de division de ce fil en m parties égales. Il n'y a donc pas alors de mouvement d'ensemble du fil, et les choses se passent comme si sa longueur était réduite à sa $m^{\text{ième}}$ partie. »

ZOOLOGIE. — *Sur le parasitisme de la chique sur l'homme et les animaux ;* *par* **M. Guyon.** (1re partie.)

« Le sujet de cette Notice est extrait d'un Mémoire inédit sur l'*Histoire naturelle et médicale de la chique* (*Dermatophilus penetrans*, Guérin-Méneville).

» La chique recherche, pour établir sa demeure parasitaire, les téguments dont l'épiderme joint, à une certaine épaisseur, une certaine mollesse ou laxité. Ces conditions sont réunies dans le rebord de l'épiderme qui circonscrit les ongles chez l'homme, les griffes et autres productions cornées des pieds chez les animaux, toutes parties qui sont en même temps, pour l'insecte, un moyen de protection contre les agents extérieurs.

» La chique s'introduit sous l'épiderme obliquement, peut-être en suivant le trajet d'un des pores dont ce tissu est perforé. On peut la suivre quelque temps dans sa marche. Elle apparaît alors sous la forme d'un point brunâtre et allongé (couleur et forme de l'insecte). Ce point disparaît de plus en plus, au fur et à mesure que l'insecte s'avance vers le derme, où il s'arrête pour y implanter sa trompe. A partir de ce moment, et par suite du

développement de son abdomen, conséquence de celui de ses œufs, l'épiderme se détache et se soulève d'autant pour en permettre l'interposition entre lui et le derme. Alors la tête et les pattes de l'insecte, en contact immédiat avec le derme, sont entièrement cachées sous son abdomen plus ou moins dilaté, et dont la partie supérieure apparaît seule, à travers l'épiderme, sous la forme d'un point blanc de lait. Ce point s'élargit chaque jour davantage, jusqu'à acquérir le diamètre d'une forte lentille, et en passant insensiblement, de sa couleur blanc de lait primitive, à celle d'un gris de perle. Arrivé au terme de sa gestation, l'insecte est devenu à la lettre *tout abdomen*, et se présente à l'extraction qu'on en peut faire alors sous la forme et avec la couleur d'une forte perle déprimée. Au centre de la première face sont la tête et les pattes de l'insecte, alors comme perdues dans un sillon de l'abdomen; au centre de la deuxième est le cloaque.

» La maturité des œufs est indiquée par leur couleur gris de cendre perçue à travers la transparence de leur enveloppe. Parvenus à cet état, ils se font jour à l'extérieur l'un après l'autre et avec une grande rapidité, en suivant, dans la couche d'épiderme qui les recouvrait, le trajet suivi par l'insecte pour y pénétrer. Plusieurs fois j'ai pu voir sortir ainsi les œufs de la chique sur des individus porteurs de chiques ou négligées ou méconnues, et dont je faisais alors l'extraction.

» Les œufs de la chique sont de forme allongée, de couleur grisâtre et fort semblables, par conséquent, à ceux de la puce. Ils ont été comparés, pour la couleur, à des lentes ou œufs de *pediculus* par les savants du *Voyage historique de l'Amérique méridionale*. Le nom de *cocos*, sous lequel ils sont connus des nègres de nos colonies, tient à leur ressemblance, bien en petit sans doute, avec la noix de ce même nom, celle du *Cocos nucifera*. Ils éclosent dans la poussière, comme ceux de la puce; seulement ceux-ci y sont déposés par l'insecte lui-même, tandis que les autres y tombent des parties qui les recélaient.

» La sortie des derniers clôt l'existence de l'insecte; il périt alors en restant accolé tout entier, *tête, pattes et abdomen*, à l'épiderme qui le recouvrait, et avec lequel il se détache à la longue de l'individu où il s'était fixé.

» Ce que nous venons de dire de la maturité des œufs et de leur sortie ou expulsion naturelle ne s'observe guère que chez les animaux; car, chez l'homme, presque toujours on en fait l'extraction avec l'insecte à une époque plus ou moins rapprochée de l'introduction de celui-ci dans les parties. Le contraire ne s'observe parfois que chez des étrangers qui, portant des chiques, ignorent la nature des accidents qu'ils en éprouvent, ou bien chez des lépreux où les insectes ont pour siége des parties privées de

sensibilité. Disons à cette occasion qu'en examinant des jambes éléphantiasiques, il nous est plusieurs fois arrivé d'y voir des ouvertures qui n'étaient autres que des sorties d'œufs de chique. Des ouvertures identiques existent sur les pieds des animaux qui ont eu des chiques, et on les retrouve après leur mort dans leurs dépouilles, ainsi que l'observation en a déjà été faite par les savants du *Voyage* précité.

» Outre la sortie naturelle des œufs lorsqu'ils sont parvenus à leur maturité, il arrive assez souvent qu'ils sortent accidentellement. Comme nous l'avons déjà dit, c'est alors un avortement que diverses causes peuvent provoquer, mais qui toutes agissent en déterminant la rupture ou de l'épaisseur entière de la poche (abdomen) renfermant les œufs, ou seulement de la membrane qui la tapisse, et avec laquelle les œufs sont immédiatement en contact. Du reste, une simple piqûre de cette dernière membrane, *sans aucune violence extérieure*, suffit pour amener le même résultat. C'est ce que nous avons maintes et maintes fois expérimenté avec une aiguille introduite dans le trajet, toujours béant, du passage de la chique sous l'épiderme, et en pénétrant ainsi jusqu'à la membrane à travers le cloaque.... »

M. **Ch. Martins**, récemment élu à une place de Correspondant pour la Section d'Économie rurale, adresse ses remercîments à l'Académie.

RAPPORTS.

ZOOLOGIE. — *Rapport sur un reptile dinosaurien découvert à Poligny (Jura) par* MM. **Pidancet** *et* **Chopard**.

(Commissaires, MM. d'Archiac, Valenciennes rapporteur.)

« Il y a quelque temps que MM. Pidancet et Chopard, demeurant à Poligny, dans le Jura, ont envoyé un dessin très-bien fait du pied gauche d'un reptile gigantesque découvert dans les marnes irisées ou le keuper de la formation du trias, par conséquent au-dessous de la formation jurassique. Ils ont accompagné le dessin d'une Note descriptive des portions du squelette, conservées dans le musée de Poligny. Le dessin et la Note ont été renvoyés à M. d'Archiac et à moi. Je vais faire connaître le résultat de notre examen, et l'intérêt zoologique et géologique attaché à la découverte de ces ossements.

» M. Pidancet a établi clairement la position et le gisement de ces restes fossiles inférieurement au lias. Ceci admis, on voit qu'il s'agit d'un fait tout nouveau pour ce qui concerne un reptile de la famille des dinosauriens, abondants et connus dans cette formation qui recèle les ichthyo-

saures et les plésiosaures, mais que l'on ne connaissait pas encore aussi bas que le keuper. C'est peut-être ainsi que l'on doit expliquer comment M. Pidancet a donné un nom nouveau à ce grand lézard : pour exprimer la crainte que ce monstrueux reptile devait inspirer, il a imaginé le mot composé de DIMODOSAURE. A la première vue du dessin des os du métatarse, de la force des phalanges unguéales qui portaient de véritables griffes, j'ai rapproché le reptile des mégalosaures. Mais la position géologique si inférieure a suscité des doutes dans l'esprit de vos Commissaires. J'ai relu alors avec la plus grande attention la description envoyée de Poligny, en la comparant au grand fémur du mégalosaure envoyé à M. Cuvier par l'honorable et savant professeur Buckland. La ressemblance et la concordance sont si complètes, qu'il n'est pas exagéré de se demander si M. Pidancet avait sous les yeux l'os découvert dans la grande oolithe de Stonesfield. On retrouve dans cet os les mêmes proportions et les mêmes dimensions jusqu'à un centimètre près.

» Comme l'Académie n'avait reçu aucune pièce naturelle, j'ai écrit à M. Pidancet, après m'en être concerté avec mon confrère M. d'Archiac, pour demander au moins une dent de ce nouveau reptile. Il a eu l'extrême complaisance de faire faire de nouvelles recherches en s'adressant à M. Perdu, chef de section du chemin de fer de Nouchard à Lons-le-Saunier. On a trouvé cinq ou six dents encore engagées dans la tranchée de Villette, près Arbois. Le gisement est, d'après M. Pidancet, le keuper supérieur, immédiatement au-dessus du Bone-bed. Le reste de la couronne de ces dents un peu cassée est haut de $0^{m},02$. Elles sont comprimées, très-pointues, et les bords antérieur et postérieur tranchants et carénés sont dentelés.

» Ce sont, à n'en pas douter, des dents de mégalosaure. Elles viennent confirmer ce que j'avais supposé en examinant tout d'abord le dessin envoyé à l'Académie.

» Les sauriens du genre mégalosaure ont donc une plus grande ancienneté sur la surface de notre planète, et leur disparition date donc de cataclysmes géologiques antérieurs à ceux que la science paraît leur assigner aujourd'hui.

» Toutefois j'incline à croire que le reptile de Poligny est d'une espèce différente de celui de la grande oolithe de Stonesfield; les dentelures du bord des dents sont plus nombreuses et un peu plus fortes que celles des dents du mégalosaure de M. Buckland, qui a servi à la description de M. Cuvier.

» Je n'oserais cependant établir une espèce sur un document encore aussi incertain que celui fourni par les pièces envoyées récemment à Paris.

» Il faudrait, avant de mettre dans nos catalogues scientifiques le nom d'une nouvelle espèce, savoir aussi l'opinion de M. Owen sur le reptile gigantesque qu'il vient de retrouver dans le lias inférieur d'Angleterre, qu'il est parvenu à reconstruire. Quel est ce nouveau dinosaurien annoncé dans le numéro de janvier 1863, page 241, de la *Revue Britannique?*

» M. Pidancet a craint la trop grande fragilité des débris osseux qu'il a réunis, pour les adresser à l'Académie. Nous croyons cependant que, si ces os étaient communiqués, ils pourraient être consolidés, puis comparés avec les autres sauriens que les collections de Paris possèdent déjà, et par conséquent déterminés avec plus de certitude. Ils sont déposés dans le musée de la ville de Poligny. Vos Commissaires n'hésitent pas à prier l'Académie de demander, dans l'intérêt de la géologie et de la zoologie, communication de ces ossements qui seraient exactement retournés, après l'examen qui en aurait été fait, et seraient promptement replacés dans le musée de Poligny.

» Vos Commissaires, en terminant le Rapport que vous venez d'entendre, vous proposent, comme conclusions :

» 1° De remercier MM. Pidancet et Chopard de leur très-intéressante communication par le seul dessin remis sous vos yeux;

» 2° D'engager les deux auteurs de cette Note importante à continuer leurs recherches. »

Les conclusions de ce Rapport sont adoptées.

MÉMOIRES LUS.

GÉNIE RURAL. — *Expériences sur l'emploi des eaux d'irrigation, sous divers climats, et théorie de leurs effets; par* **M. Hervé-Mangon.** (Extrait par l'auteur.)

(Commissaires, MM. Chevreul, Boussingault, Payen.)

« Les irrigations, si nécessaires à l'accroissement de la richesse agricole d'un pays, sont loin de présenter en France le développement qu'elles pourraient y recevoir.

» La surface des terrains régulièrement arrosée utilise à peine le vingtième des eaux disponibles et représente une fraction insignifiante des prairies naturelles de notre pays.

» A l'exception de la Durance, nos grands cours d'eau n'enrichissent que les mers; le Rhône coule inutile au milieu des plaines desséchées du Midi; la Seine, la Loire, le Rhin n'alimentent pour ainsi dire aucune irrigation, et leurs affluents secondaires ne sont guère mieux employés.

» Les eaux d'irrigation sont une source d'engrais immédiate qui produit pour chaque centaine de mille mètres cubes d'eau employée l'équivalent d'un bœuf de boucherie. Le moindre de nos fleuves entraîne donc à la mer, sans aucun profit, la valeur de plusieurs têtes de gros bétail par heure, et plusieurs milliers de têtes par année.

» L'utilité des irrigations ne saurait faire l'objet d'un doute. On comprend dès lors tout l'intérêt qui s'attache à la solution des problèmes relatifs à ce puissant moyen d'améliorations agricoles.

» Parmi ces problèmes, l'un des plus importants à résoudre et des plus controversés est celui de la détermination des volumes d'eau véritablement nécessaires aux arrosages.

» Quand on étudie la pratique des irrigations dans différents pays, on observe en effet, non sans étonnement, que les agriculteurs emploient, en général, d'autant plus d'eau que le climat sous lequel ils opèrent est plus froid et plus humide.

» Les irrigations de l'Espagne et celles de l'Algérie dépensent en effet infiniment moins d'eau que celles de l'Angleterre ou de l'Écosse. Les irrigateurs de la Provence se contentent d'une très-faible fraction du volume d'eau exigé par les irrigateurs du nord, de l'ouest et de l'est de la France.

» C'est ainsi que dans l'une de mes irrigations du département de Vaucluse, j'ai dépensé moins de 1 litre d'eau par seconde et par hectare, pour me conformer à l'usage constant du pays, tandis que, pendant la période correspondante, dans l'une de mes irrigations des Vosges, en prenant également pour règle l'usage constant de la contrée, j'ai dû consommer près de 50 litres par seconde et par hectare, et plus de 200 litres en prenant le débit moyen de l'année entière.

» Des différences de consommation aussi étonnantes que celles que l'on vient de signaler sont-elles justifiées par la nature des choses, ou bien sont-elles le simple résultat d'une routine aveugle, comme l'admettent sans doute les personnes qui ont proposé de soumettre le régime des irrigations dans toute la France à une règle unique et invariable? Telle est la question que j'ai été appelé à résoudre.

» Cette question a été souvent agitée, car, dans notre pays, elle domine tout le régime de l'usage des cours d'eau. Mais elle l'a été sans résultat, les agriculteurs du Nord ayant toujours maintenu leurs exigences, et les adversaires de leurs opinions à cet égard n'ayant jusqu'ici à leur opposer que des chiffres pris dans la pratique du Midi, dont le véritable sens leur échappait.

» Ce n'est pas que la science n'ait éclairé de lumières certaines quelques-uns des points fondamentaux de la théorie des irrigations. MM. Chevandier et Salvétat ont indiqué le rôle qu'y jouent les matières azotées tenues en dissolution dans les eaux; M. Boussingault a spécifié l'importance capitale des nitrates et de l'ammoniaque; M. Maitrot de Varennes a appelé l'attention sur les effets de l'oxygène dissous dans ces eaux. Mais les expériences isolées de ces savants ne permettaient pas de répondre par des chiffres précis à la question qui m'était posée : « Pourquoi les irrigateurs du Nord réclament-ils une quantité d'eau cent ou deux cents fois plus grande que celle qui semble suffisante aux irrigateurs du Midi ? »

» Pour résoudre ce problème, et j'espère y être parvenu, il a fallu non des expériences isolées, mais de longues séries d'observations comparatives et plusieurs années d'un travail soutenu, car on ne pourrait écarter autrement tant de causes d'erreur que toute expérience isolée comporte quand il s'agit d'agriculture.

» J'ai employé dans mes cultures, placées comme il convenait aux deux extrémités de la France, les irrigateurs les plus habiles des localités adoptées, et j'ai suivi leurs pratiques jour par jour, mesurant exactement les volumes d'eau employés, constatant avec précision la composition de l'eau à l'entrée et à la sortie, me rendant compte enfin de la quantité des récoltes obtenues et de leur composition.

» Mes expériences, poursuivies pendant trois années sur des champs de cultures différentes, embrassent des milliers de jaugeages, de déterminations météorologiques et d'analyses dont l'exposé est donné dans mon Mémoire et serait trop long à résumer ici.

» Les conclusions que j'ai dû tirer de mes expériences se résument dans les propositions suivantes :

» 1° Dans les arrosages du Midi, comme dans ceux du Nord, l'azote contenu dans les eaux sous forme d'acide nitrique, d'ammoniaque ou de matières organiques, intervient au profit du sol et se fixe dans les récoltes.

» Mais dans les arrosages à petits volumes du Midi, l'azote fourni par les eaux est tellement inférieur à l'azote représenté par les récoltes, que le rôle de ces eaux à titre d'engrais est tout à fait secondaire. Les fumiers et la fertilité acquise du sol comblent le déficit, qui naturellement serait d'autant moindre cependant que la quantité d'eau dont on pourrait disposer serait plus grande.

» Dans les irrigations à grands volumes des pays froids, les eaux employées jouent non-seulement le rôle de véritables engrais, mais d'engrais

indispensables ou prépondérants. Elles fournissent non-seulement tout l'azote emporté par la récolte, mais aussi celui qui, répondant à l'accroissement de fertilité du sol, se fixe dans celui-ci.

» On pourrait donc souhaiter plus d'eau aux irrigations du Midi ; mais réduire d'une manière notable le volume des eaux consacrées aux irrigations du Nord, ce serait méconnaître ou dénaturer leur rôle et leur faire perdre immédiatement leurs avantages les plus certains.

» 2° On peut envisager les irrigations du Midi comme nécessaires pour rafraîchir le sol, pour donner l'eau de végétation aux plantes et pour favoriser l'état d'humidité du sol qui rend immédiatement autour d'elles la nitrification abondante.

» Les irrigations du Nord réchauffent souvent le sol au lieu de le rafraîchir, elles lui fournissent toujours des produits azotés récoltés au loin dans l'air ou dans les terres que l'eau a traversées et au moyen desquelles le champ ou la prairie arrosés empruntent à de larges surfaces des principes de fécondité qu'une nitrification moins active ne leur fournirait pas sur place.

» 3° Les eaux d'irrigation, en passant sur les prairies des Vosges, même pendant l'été, ne leur cèdent qu'environ 30 pour 100 de l'azote combiné qu'elles renferment. Il n'y a pas lieu de compter qu'on puisse accroître sensiblement cette proportion des matières utilisées, car elle exprime aussi le chiffre observé sur des eaux peu différentes dans les irrigations à petit volume du Midi, réputées si parfaites et si efficaces ; comme si les plantes ne puisaient plus rien dans les eaux d'arrosage quand leur richesse en azote descend au-dessous d'un chiffre déterminé.

» 4° Les gaz dissous dans les eaux d'irrigation y jouent un rôle sérieux. L'acide carbonique, comme on l'a déjà remarqué, se montre plus abondant à la sortie qu'à l'entrée. Conformément à la théorie de M. Chevreul, l'oxygène offre une proportion inverse. Les eaux d'irrigation déterminent donc dans le sol des phénomènes de combustion lente, semblables à ceux que le drainage produit.

» 5° D'ailleurs, c'est la facilité avec laquelle une eau abandonne les matières fertilisantes qu'elle renferme qui donne la mesure de ses qualités, plutôt que sa composition absolue.

» 6° La chaleur, qui sera l'objet d'une étude spéciale, ainsi que la lumière, exerce une influence considérable sur la fixation des principes fertilisants des eaux d'irrigation. Quand le température ne dépasse pas 7°, la fixation de l'azote paraît nulle ou très-faible.

» 7° En résumé, l'eau d'irrigation intervient, au point de vue physique, à

titre de régulateur de la température du sol et d'agent essentiel des phénomènes journaliers d'absorption et d'évaporation qui se passent dans les plantes, et, au point de vue chimique, comme un engrais qui selon la nature des sols et du climat peut représenter tantôt la totalité, tantôt une faible partie seulement des matières fertilisantes exigées par la culture.

» La valeur comparative de l'eau et des fumiers constitue par conséquent l'un des éléments principaux de la détermination des volumes de liquide à donner aux prairies.

» Le rôle de l'eau est donc extrêmement complexe, et, avant de modifier la pratique des irrigations d'une contrée, l'agriculteur comme l'autorité chargée de la répartition des eaux doivent la soumettre à un examen scrupuleux, d'où résultera souvent la justification des habitudes locales les plus inexplicables en apparence. »

MÉCANIQUE APPLIQUÉE. — *Mémoire sur un nouveau procédé, fourni par la théorie du spiral réglant des chronomètres et des montres, pour la détermination du coefficient d'élasticité des diverses substances, ainsi que de la limite de leurs déformations permanentes; par* **M. Phillips.** (Extrait par l'auteur.)

(Commissaires, MM. Mathieu, Lamé, Delaunay.)

« J'ai l'honneur de soumettre à l'Académie une nouvelle méthode, fondée sur ma théorie du spiral réglant, pour la détermination des coefficients d'élasticité et de la limite des déformations permanentes des divers corps solides. Elle est basée sur la formule qui exprime la durée des oscillations d'un balancier réuni à un spiral donné. Cette formule, tout à fait analogue à celle du pendule, peut servir à rechercher le coefficient d'élasticité de la matière dont est formé le spiral, absolument comme celle du pendule est employée pour déterminer l'intensité de la pesanteur. De plus, cette théorie donnant l'expression très-simple de l'allongement proportionnel du spiral pour un angle quelconque d'écartement du balancier, on a par là un moyen très-facile de déterminer pour chaque substance la limite d'allongement pour laquelle commence une déformation permanente apparente.

» Cette méthode, fort aisée à appliquer, a l'avantage d'être très-exacte et de n'exiger que de fort petites quantités des substances à expérimenter. On n'a à mesurer directement ni allongements, ni flexions, et l'on obtient ainsi le coefficient d'élasticité $\frac{\mu(3\lambda+2\mu)}{\lambda+\mu}$ de la théorie mathématique de l'élasticité.

» J'ai appliqué cette méthode de deux manières différentes, qui m'ont fourni deux séries d'expériences. Les appareils avaient été construits par MM. Rozé, membres de la Société des horlogers.

» Dans la première série d'observations, les fils, étirés suivant un diamètre d'environ 1 millimètre, étaient façonnés en forme de spiral cylindrique, comme ceux des chronomètres, mais beaucoup plus grands, avec courbes terminales théoriques qui, dans cette circonstance, étaient suivant une certaine demi-ellipse, puis chaque spiral était successivement adapté à un balancier de laiton.

» L'appareil étant mis en mouvement, on comptait, à l'aide d'un régulateur et d'un compteur donnant le $\frac{1}{20}$ de seconde, le temps nécessaire pour l'achèvement d'un nombre d'oscillations qui a varié, selon les substances, de 200 à 1000. Quant au diamètre du fil, il était mesuré au moyen d'un micromètre très-précis de M. Froment, exact à $\frac{1}{1000}$ de millimètre près.

» Pour la limite de déformation permanente, il suffisait de mesurer l'angle du balancier pour lequel celui-ci ne revenait plus exactement à sa position d'équilibre.

» Dans la seconde série d'observations, les fils étaient plus fins. Ils avaient environ $\frac{1}{4}$ à $\frac{1}{5}$ de millimètre de diamètre, ce qui permettait d'en faire de vrais spiraux de chronomètres et de les monter dans un véritable chronomètre. On observait la marche de celui-ci pendant plusieurs heures, d'où l'on concluait très-exactement la durée d'une vibration du balancier. Le diamètre du fil s'obtenait toujours à l'aide du micromètre de M. Froment.

» J'ai soumis ainsi à l'expérience les principaux métaux et alliages, tels que le fer, l'acier, le cuivre, le laiton, l'argent, l'or, le platine, le palladium, l'aluminium, le zinc, le cobalt, le nickel et le bronze d'aluminium.

» Pour les substances déjà observées, les résultats de mes expériences s'accordent avec les nombres connus. Pour trois corps : le cobalt, le nickel et le bronze d'aluminium, dont j'ai eu de petites quantités à l'état ductile, grâce à l'obligeance de M. H. Deville, et pour lesquels je donne leur coefficient d'élasticité ainsi que leur limite d'allongement permanent, je n'ai connaissance d'aucune expérience antérieure aux miennes. Les résultats sont ceux-ci : Le cobalt, et surtout le nickel, ont un coefficient d'élasticité au moins égal à celui du fer et de l'acier. Leur limite de déformation permanente paraît être à peu près la même que celle de l'acier. Pour le bronze d'aluminium, son coefficient d'élasticité serait supérieur à celui du laiton, et environ le même que celui du cuivre. Quant à sa limite de déformation permanente, elle paraît être au moins égale à celle de l'acier. Cet alliage

présenterait donc, au point de vue de l'élasticité, des propriétés vraiment remarquables.

» J'ai eu soin de déterminer les densités des différents fils soumis aux expériences, à l'aide de pesées faites avec une balance de précision. Dans la seconde série d'observations, où les fils avaient été étirés beaucoup plus fins que dans la première, les densités étaient à peu près toujours un peu plus fortes, et les coefficients d'élasticité étaient aussi, en général, un peu supérieurs à ceux obtenus dans la première série, ce qui s'accorde avec des expériences de M. le général Morin. »

PATHOLOGIE. — *Du délaissement des mourants en état de mort intermédiaire; par* M. **Josat**. (Extrait par l'auteur.)

(Commissaires, MM. Flourens, Rayer, Bernard.)

« J'appelle *mort intermédiaire* cet état dans lequel la vie générale, plutôt épuisée que finie, simule la mort absolue. Cet état est fréquent au terme des maladies organiques, dans les cas d'épuisement sénile, dans l'atonie générale suite des maladies de longue durée. Le malade s'éteint lentement, offrant presque tous les signes de la mort consommée sans être mort en réalité.

» La mort intermédiaire est fréquemment confondue avec la mort parfaite, et cette méprise donne lieu à des délaissements anticipés. Le mourant s'éteint 10, 20, 30 minutes et plus après avoir été abandonné par ceux qui étaient préposés à sa garde. M'étant proposé de prévenir les accidents de ce genre, je me suis appliqué à suivre l'ordre dans lequel les sens s'éteignent. Le toucher, je m'en suis assuré, survit à tous les autres; il est inégalement réparti sur toute la surface tégumentaire. Le mamelon, à sa base, offre le maximum de sensibilité. J'ai imaginé un instrument d'une simplicité extrême et d'une application facile, à l'aide duquel on peut réveiller sensiblement le dernier rayon de vie et n'abandonner le mourant qu'après avoir acquis la certitude de la mort absolue. »

M. **Tremblay** lit un Mémoire ayant pour titre : « Étude des questions posées sur les sinistres de mer ».

L'auteur, en terminant sa lecture, demande l'insertion dans les *Comptes rendus* de l'extrait, précédemment remis, d'un Mémoire qu'il avait communiqué en 1862, et de l'extrait, qu'il doit remettre le lendemain, de son présent Mémoire.

Quant à la première partie de la demande, l'Académie n'a pas à revenir sur son ancienne décision, et, quant à la seconde partie, elle est évidemment inadmissible, l'Académie exigeant de ses Membres eux-mêmes que les extraits de leurs communications soient déposés séance tenante.

MÉMOIRES PRÉSENTÉS.

PHYSIQUE DU GLOBE. — *Théorie du magnétisme terrestre dans l'hypothèse d'un seul fluide électrique; par* **M. A. Renard.** (Extrait par M. Lamé.)

(Commissaires, MM. Lamé, Bertrand.)

« Après avoir donné, d'après M. de La Rive, un résumé des opinions émises jusqu'à présent sur l'origine du magnétisme terrestre, l'auteur formule la sienne sur l'origine des courants d'Ampère. A son avis, ils sont dus au double mouvement de la terre au sein du fluide éthéré. Par suite du mouvement de translation, le fluide pénètre dans la croûte terrestre, et, par suite du mouvement de rotation de l'ouest à l'est, ce fluide y prend un mouvement en sens inverse, c'est-à-dire de l'est à l'ouest.

» Les phénomènes magnétiques dépendent, comme on sait, de deux circonstances principales : la position du lieu d'observation et le temps. Le travail de l'auteur comprend deux parties, dans lesquelles il examine successivement l'influence propre à chacune de ces circonstances.

» Dans la première partie, il étudie le mouvement d'une molécule de fluide éthéré dans l'intérieur de la croûte terrestre supposée homogène. Il arrive à ce résultat : *La molécule tend à décrire un grand cercle qui n'est pas fixe, mais qui se déplace continuellement de l'est à l'ouest sur la surface de la terre.* De là l'explication du déplacement de l'équateur magnétique. Le plan du grand cercle fait, avec le plan de l'équateur terrestre, un angle d'autant plus grand que le point par lequel la molécule s'est introduite dans la croûte terrestre est plus rapproché des pôles. Au premier abord, on se croit autorisé à conclure de ce résultat que les courants qui traversent l'équateur le font à peu près dans toutes les directions. Mais en observant, d'une part, qu'une molécule introduite près des pôles ne séjourne pas dans l'intérieur de la terre, parce qu'il faudrait que la résistance de l'air fût infiniment grande, comme l'indique le calcul, et d'autre part que, lors même qu'elle y séjournerait, sa vitesse varie en raison inverse de sa distance au point de départ, comme l'auteur l'a reconnu ailleurs, on ne tarde pas à se convaincre

que, rencontrant d'autres molécules dont le mouvement tend de plus en plus à être parallèle à l'équateur magnétique, elle finit par être entraînée dans le courant général qui va de l'est à l'ouest dans la zone située entre les tropiques. De là cette conclusion générale que notre globe peut, jusqu'à un certain point, être assimilé à un solénoïde plus ou moins compliqué, qui ne peut s'étendre très-loin de part et d'autre de l'équateur terrestre, et dont l'axe se déplace continuellement en effectuant une révolution de l'est à l'ouest autour de l'axe de la terre.

» Pour contrôler ces idées par l'expérience, l'auteur a cherché l'action d'un pareil solénoïde sur l'aiguille aimantée. D'abord, en examinant son influence sur la déclinaison, il a été forcé de conclure que son axe ne peut être rectiligne, parce que la ligne sans déclinaison devrait être constamment un méridien terrestre, ce qui n'est pas. Passant de là au phénomène de l'inclinaison, il a été amené à cette conséquence, que les courants doivent circuler à une assez grande profondeur au sein de la terre ; car, s'ils ne circulaient qu'à sa surface, une aiguille aimantée, déplacée de l'équateur au pôle, conserverait toujours la même direction, tandis qu'elle fait une révolution de 180°. Le même résultat aurait lieu si le solénoïde se réduisait à un seul courant à la surface de la terre, dans le plan de l'équateur magnétique. Supposant le rayon de ce solénoïde indépendant de la latitude et assez petit par rapport au noyau de la terre pour pouvoir négliger les puissances de ce rapport supérieures à la troisième, l'auteur a retrouvé les formules connues de Biot, qui indiquent comment varient l'inclinaison et l'intensité magnétiques avec la latitude. Ces formules ne peuvent être pour lui qu'une première approximation.

» Dans la seconde partie de son travail, où la position du lieu de l'observation est supposée fixe et le temps variable, l'auteur s'occupe des variations *séculaires*, *annuelles*, *diurnes* et *irrégulières*.

» Pour lui, les variations séculaires sont dues à la fois au mouvement de translation et au mouvement de rotation de la terre, ou au déplacement de l'équateur magnétique qui en est la conséquence. En partant des formules établies dans la première partie, et les admettant comme approximatives, il explique, sinon d'une manière parfaite, comme on doit s'y attendre, du moins avec un accord général très-satisfaisant, la marche des phénomènes depuis les observations les plus reculées jusqu'à nos jours.

» Les variations annuelles lui paraissent dépendre plus spécialement du mouvement de translation. Du solstice d'été au solstice d'hiver, on reconnaît, avec la plus légère attention, que les courants doivent s'incliner vers

le sud, tout en conservant leur direction générale de l'est à l'ouest, et que, du solstice d'hiver au solstice d'été, ils doivent s'incliner vers le nord. Réfléchissant ensuite que les $\frac{14}{16}$ de l'hémisphère austral sont recouverts d'une couche peu conductrice formée par les eaux de la mer, on ne tarde pas à pressentir que la seconde moitié du phénomène doit être peu sensible en comparaison de la première. De là l'explication des variations annuelles observées par Cassini, Gilpin, Arago, etc.

» Quant aux variations diurnes, l'auteur les regarde comme la conséquence du mouvement de rotation. Par suite de la présence du soleil au-dessus de l'horizon, il s'élève, dans les régions tropicales, des courants de vapeur d'eau qui prennent du fluide électrique au sol et à la mer, puis le transportent dans les parties supérieures de l'atmosphère. De là deux sortes de courants, les uns supérieurs, qui vont de l'équateur aux pôles; les autres inférieurs, dans le sol, qui vont des pôles au point de l'équateur au-dessus duquel le soleil se trouve. Les actions de ces courants s'ajoutent pour faire dévier chaque jour l'aiguille aimantée dans le sens indiqué par l'observation.

» Enfin, les variations irrégulières lui paraissent occasionnées par des courants analogues aux précédents, mais dus à des causes accidentelles, telles que les tremblements de terre, les éruptions volcaniques, etc. »

CHIMIE APPLIQUÉE. — *Emploi de l'acide sulfureux dans l'épuration des jus sucrés; Lettre de* MM. **Perier** *et* **Possoz**.

« Nous avons l'honneur d'informer la Commission nommée pour l'examen de nos procédés relatifs à l'épuration des jus sucrés, que nous venons de recevoir une caisse de cannes à sucre provenant de l'île de Cuba. Ces cannes sont actuellement en bon état de conservation et permettraient d'apprécier les procédés que nous avons eu l'honneur de soumettre à l'Académie. En ce moment aussi, l'état actuel des betteraves nous permettrait encore d'exposer à la même Commission les conditions nouvelles dans lesquelles nous employons l'acide sulfureux pour l'extraction du sucre de betteraves, application que nous venons d'effectuer avec succès dans plusieurs grandes fabriques.

» Nous serions surtout désireux d'attirer l'attention de MM. les Commissaires sur les différences très-importantes, au point de vue de la pratique, qui existent entre nos procédés et ceux qui avaient été précédemment recommandés, différences qui consistent surtout en ce que nous évitons la pro-

duction des sulfite et sulfate de chaux, comme étant nuisibles au travail et à la pureté du sucre, tandis que d'autres chimistes la conseillent.

» Il nous sera permis d'ajouter que notre manière d'opérer a encore l'avantage qu'elle permet de diminuer les causes d'incrustations sur les surfaces de chauffe, et par conséquent d'éviter les inconvénients et altérations qui en résultent, en obtenant du sucre plus pur et plus abondant. Si MM. les Commissaires voulaient bien nous indiquer le moment qui leur conviendrait, nous nous empresserions de nous mettre à leur disposition. »

(Renvoi à la Commission précédemment nommée, Commission qui se compose de MM. Dumas, Payen, Balard.)

CHIRURGIE. — *Troisième et quatrième opération d'ovariotomie pratiquées avec succès, par* **M. Kœberlé.**

(Commissaires précédemment nommés : MM. Velpeau, Cloquet, Jobert.)

« La troisième opération, dit l'auteur dans la Lettre jointe à ses deux Mémoires, a présenté des difficultés extraordinaires, inattendues, qui, heureusement, ont pu être surmontées. La tumeur, qu'il n'a pas été possible d'extirper, n'a été excisée qu'en partie, et sa base a été embrassée par une anse de fil de fer. Celle-ci, resserrée successivement, a déterminé la mortification de la tumeur ovarique en totalité. Après son élimination, il est resté une vaste poche suppurante dont l'ouverture extérieure a été maintenue béante pendant deux mois jusqu'à la cicatrisation complète. Cette opération, pratiquée le 4 décembre 1862, est relative à une jeune femme, âgée de 21 ans, qui était affectée depuis onze mois d'un kyste multiloculaire de l'ovaire, dont le développement était devenu très-rapide. La tumeur, dépourvue d'adhérences à la paroi abdominale, était toute zébrée d'adhérences à l'épiploon et au mésentère. De plus, elle était intimement fusionnée avec l'utérus et avec les organes de l'excavation pelvienne. Il n'est survenu aucun symptôme de péritonite grave. Ce n'est que du onzième au treizième jour que l'opérée a couru quelque danger par suite de la suppression momentanée des lotions de sulfate de fer. Quoique la plaie abdominale ne soit pas encore complétement fermée, l'opérée peut être considérée comme définitivement rétablie. Son état général est excellent.

» La quatrième opération a été pratiquée le 20 décembre 1862 sur une jeune fille, âgée de 23 ans, dont la tumeur ovarique multiloculaire a été ponctionnée plusieurs fois à des intervalles de plus en plus rapprochés. La guérison, qui pouvait être considérée comme complète dès le dixième jour, a été entravée par une hémorrhagie consécutive, à la fois interne et externe,

de l'artère ovarique, survenue au douzième jour, par suite de la traction subie par le pédicule qui était fixé dans l'angle inférieur de la cicatrice. L'hémorrhagie, arrêtée pendant un jour et demi par une compression méthodique, s'est reproduite en même temps qu'il est survenu des symptômes de péritonite. Alors je n'ai plus hésité; j'ai déchiré la partie inférieure de la cicatrice, j'ai mis en liberté le pédicule dont l'artère ovarique a été saisie et maintenue dans une pince laissée à demeure, et j'ai extrait de la cavité abdominale les caillots qui répandaient une odeur ammoniacale prononcée. Dès le vingt-quatrième jour, l'opérée se levait, et le trente-deuxième jour (le 20 janvier) elle pouvait être considérée comme étant complétement guérie. L'hémorrhagie et les incidents consécutifs n'ont retardé que de quelques jours la guérison parfaite. »

M. **Zenker**, qui avait précédemment soumis au jugement de l'Académie une Note « sur les Altérations du système musculaire », lui adresse aujourd'hui un Mémoire très-étendu « *sur l'affection trichinaire chez l'homme* ».

L'auteur y donne un historique très-complet des recherches relatives à cet entozoaire, tant des découvertes qui lui sont propres, que de celles qu'on doit aux autres naturalistes. La plus récente, et qui offrira certainement un grand intérêt si elle est confirmée par des observations ultérieures, est celle qui a rapport au passage de l'helminthe, du canal intestinal où il a pénétré avec des aliments fournis par un animal infecté, jusque dans les muscles du mouvement volontaire, où il se montre sous une forme qui avait d'abord empêché de le reconnaître. Quand la transformation a été démontrée et l'identité établie, il restait à savoir si l'animal allait chercher lui-même sa nouvelle demeure, ou s'il y était transporté à l'état de germe par le torrent circulatoire. On en était réduit sur ce point aux conjectures, et M. Zenker s'était prononcé pour la dernière; aujourd'hui il annonce en avoir obtenu la preuve « en trouvant les embryons dans le sang d'un lapin infecté avec des trichines, » et il ajoute que le fait a été également observé par le Dr *Fiedler*, de Dresde, qui, à sa prière, a poursuivi les expériences.

Ce Mémoire, qui est transmis par M. Duchenne (de Boulogne), a été renvoyé à l'examen d'une Commission composée de MM. Rayer, Bernard, Fremy et Cloquet, déjà désignés pour la première communication de M. Zenker. Un même Rapport pourrait embrasser les deux communications, dont les sujets ne laissent pas que d'avoir quelque liaison, puisque la malade chez laquelle le trichine a été d'abord étudié par M. Zenker avait

été d'abord supposée atteinte d'une fièvre typhoïde, à raison des douleurs musculaires constantes dont elle se plaignait.

M. **Martin** adresse de Tonneins la figure accompagnée d'une courte explication d'un cas rare d'*hermaphrodisme*.

Le sujet qui présente cette monstruosité est un enfant né à terme et qui, jusqu'au moment où la Note a été écrite, sept semaines après sa naissance, a été parfaitement bien portant.

(Renvoi à l'examen de MM. Serres, Milne Edwards, Cloquet.)

M. **Lemaire** adresse deux échantillons d'une même étoffe, dont l'un n'a subi aucune préparation et dont l'autre a été préparé de manière à ne pouvoir s'enflammer, à ce qu'assure M. Lemaire qui, d'ailleurs, ne fait pas connaître le procédé qu'il a employé pour obtenir ce résultat.

(Renvoi à l'examen de la Commission désignée dans la précédente séance pour une communication de M. Chevalier sur le même objet, Commission qui se compose de MM. Payen, Velpeau, Rayer.)

CORRESPONDANCE.

M. **le Ministre de l'Agriculture, du Commerce et des Travaux publics** adresse, pour la bibliothèque de l'Institut, un exemplaire du tome XCIII des Brevets d'invention pris sous l'empire de la loi de 1791, et les numéros 7 et 8 du Catalogue des Brevets d'invention pris pendant l'année 1862.

ALGÈBRE. — *Sur la théorie des formes cubiques à trois indéterminées. Extrait d'une Lettre adressée à M. Hermite par* **M. Brioschi.**

« Milan, 8 février 1863.

» La théorie des formes cubiques ternaires présente une réduction à l'intégrale elliptique où n'entre qu'un seul paramètre, tout à fait analogue à celle que vous avez donnée dans votre premier Mémoire sur la théorie des fonctions homogènes à deux indéterminées.

» Soit $u(x_1, x_2, x_3)$ une formule cubique ternaire; s, t ses invariants du quatrième et du sixième degré; h, k ses covariants du troisième et du sixième ordre, c'est-à-dire qu'en posant

$$u_r = \frac{1}{3}\frac{du}{dx_r}, \quad u_{r,s} = \frac{1}{6}\frac{d^2u}{dx_r dx_s}; \quad h_r = \frac{1}{3}\frac{dh}{dx_r}, \quad h_{r,s} = \frac{1}{6}\frac{d^2h}{dx_r dx_s}; \quad k_r = \frac{1}{3}\frac{dk}{dx_r};$$

et

$$(\alpha\beta)^{11} = \alpha_{22}\beta_{33} + \alpha_{33}\beta_{22} - 2\alpha_{23}\beta_{23},$$
$$(\alpha\beta)^{23} = \alpha_{12}\beta_{13} + \alpha_{13}\beta_{12} - \alpha_{11}\beta_{23} - \alpha_{23}\beta_{11};$$

on ait

$$h = 6 \begin{vmatrix} u_{11} & u_{12} & u_{13} \\ u_{21} & u_{22} & u_{23} \\ u_{31} & u_{32} & u_{33} \end{vmatrix}, \qquad k = \Sigma\,(uh)^{rs} u_r h_s.$$

» Ces invariants et covariants sont connus, et on trouve leurs expressions dans les Mémoires de MM. Cayley et Aronhold; mais je ne crois pas qu'on ait encore considéré un troisième covariant qui semble devoir jouer un grand rôle dans la théorie des formes cubiques ternaires. Ce covariant

$$\theta = \begin{vmatrix} u_1 & u_2 & u_3 \\ h_1 & h_2 & h_3 \\ k_1 & k_2 & k_3 \end{vmatrix}$$

a des propriétés analogues aux propriétés du covariant du sixième ordre des formes biquadratiques à deux indéterminées; par exemple le carré de θ peut s'exprimer en fonction rationnelle, entière, des covariants u, h, k, et des invariants s, t.

» M. Aronhold, dans son Mémoire publié dans le volume LV du *Journal* de M. Borchardt (p. 176), a donné les expressions S_{ab}, T_{ab} des invariants du quatrième et du sixième degré de la formule cubique ternaire

$$au + bh;$$

en posant dans ces expressions $a = h$, $b = -u$, et en indiquant par S, T les expressions résultantes, on a

$$S = sh^4 - 4th^3u + 6s^2h^2u^2 - 4sthu^3 + (4t^2 - 3s^3)u^4,$$
$$T = th^6 - 6s^2h^5u + 15sth^4u^2 - 20t^2h^3u^3 + 15s^2th^2u^4$$
$$- 6s(3s^3 - 2t^2)hu^5 + t(9s^3 - 8t^2)u^6,$$

au moyen desquelles la valeur de θ^2 peut se réduire à la forme

$$54\theta^2 = (6k - 2tu^2)^3 - 3S(6k - 2tu^2) + 2T.$$

Soient α_1, α_2, α_3 trois quantités indéterminées; si l'on multiplie le déter-

minant θ par le déterminant

$$\Delta = \begin{vmatrix} \alpha_1 & \alpha_2 & \alpha_3 \\ x_1 & x_2 & x_3 \\ dx_1 & dx_2 & dx_3 \end{vmatrix},$$

on obtient, en posant $\Sigma\alpha u = \alpha_1 u_1 + \alpha_2 u_2 + \alpha_3 u_3$,

$$\theta\Delta = \frac{1}{3}\begin{vmatrix} \Sigma\alpha u & \Sigma\alpha h & \Sigma\alpha k \\ u & h & 2k \\ du & dh & dk \end{vmatrix}.$$

Or, en supposant que x_1, x_2, x_3 rendent $u(x_1, x_2, x_3) = 0$, on a

$$S = sh^4, \quad T = th^6, \quad \theta\Delta = \frac{1}{3}(hdk - 2kdh)\,\Sigma\alpha u,$$

et par conséquent

$$54\theta^2 = h^2\left[\left(\frac{6k}{h^2}\right)^3 - 3s\left(\frac{6k}{h^2}\right) + 2t\right], \quad \theta\Delta = \frac{h^3}{18}d\left(\frac{6k}{h^2}\right)\Sigma\alpha u,$$

d'où, en posant $z = \frac{6k}{h^2}$, on tire

$$\frac{\Delta}{\Sigma\alpha u} = \frac{1}{\sqrt{6}}\frac{dz}{\sqrt{z^3 - 3sz + 2t}}.$$

» De cette équation on déduit le théorème suivant : Soit $u(x, y) = 0$ une équation du troisième degré entre x et y; en considérant y comme une fonction de x, on aura

$$\frac{dx}{u'(y)} = \frac{1}{\sqrt{6}}\frac{dz}{\sqrt{z^3 - 3sz + 2t}},$$

z étant lié à x par la relation $z = \frac{6k}{h^2}$.

» Cette réduction d'intégrale est très-importante. M. Aronhold avait déjà communiqué une transformation de cette espèce à l'Académie de Berlin dans sa séance du 25 avril 1861. On peut voir la liaison qui existe entre sa transformation et la précédente, en observant que le développement du déterminant

$$P = \begin{vmatrix} h_1 & h_2 & h_3 & 0 \\ h_{11} - zu_{11} & h_{12} - zu_{12} & h_{13} - zu_{13} & u_1 \\ h_{21} - zu_{21} & h_{22} - zu_{22} & h_{23} - zu_{23} & u_2 \\ h_{31} - zu_{31} & h_{32} - zu_{32} & h_{33} - zu_{33} & u_3 \end{vmatrix}$$

nous donne

$$P = \frac{1}{2} z^2 \Sigma (uu)^{rs} u_r h_s - z \Sigma (uh)^{rs} u_r h_s + \frac{1}{2} \Sigma (hh)^{rs} u_r h_s;$$

mais on a

$$\frac{1}{2} \Sigma (uu)^{rs} u_r h_s = -\frac{1}{6} h^2, \quad \Sigma (uh)^{rs} u_r h_s = k, \quad \Sigma (hh)^{rs} u_r h_s = 0;$$

en conséquence

$$P = -\frac{1}{6} h^2 z \left(z + \frac{6k}{h^2} \right),$$

ou, en substituant pour z sa valeur,

$$P = -12 \frac{k^2}{h^2}.$$

Or, en posant

$$Q = u_1 \frac{dP}{dh_1} + u_2 \frac{dP}{dh_2} + u_3 \frac{dP}{dh_3},$$

on obtient très-facilement

$$P = zQ;$$

donc

$$Q = -2k, \quad z = \frac{6k}{h^2} = \frac{P}{2} = \frac{h_1 \frac{dP}{dh_1} + h_2 \frac{dP}{dh_2} + h_3 \frac{dP}{dh_3}}{u_1 \frac{dP}{dh_1} + u_2 \frac{dP}{dh_2} + u_3 \frac{dP}{dh_3}},$$

la dernière desquelles revient à la substitution de M. Aronhold. (*Monatsbericht der Preuss. Akademie.* Avril 1861, p. 464.) »

PHYSIQUE. — *Note sur une manière de faire varier la tension de la décharge d'une batterie électrique et d'une machine de Ruhmkorff; par* M. A. CAZIN. (Présenté par M. Pouillet.)

« On sait que les éléments de pile peuvent être associés de deux manières suivant la nature des effets que l'on veut produire. J'ai pensé qu'on pourrait employer des dispositions analogues avec les condensateurs de l'électricité statique. Jusqu'à présent l'on n'a utilisé la décharge des bouteilles de Leyde qu'en les réunissant par leurs armatures de même nom, de manière à augmenter la quantité, et l'on n'a employé l'association en série que pour

charger plusieurs batteries à la fois. Je ne crois pas que l'on ait observé les propriétés de l'étincelle que l'on obtient en déchargeant la série par ses armatures extrêmes, bien que l'analogie d'une série de condensateurs avec la pile soit signalée depuis longtemps. Ainsi l'illustre Biot, dans son *Traité de Physique*, décrit des expériences dans lesquelles il a mesuré à l'aide du plan d'épreuve les tensions sur les différentes lames d'une série isolée, et il indique l'accroissement de la tension du milieu de la série vers les extrémités, mais sans que l'on puisse conclure de ses observations que la longueur de l'étincelle obtenue par leur fonction soit beaucoup plus grande qu'avec un seul condensateur. Or tel est l'effet que j'ai eu l'occasion d'observer.

» Les premières expériences ont été faites par M. Ruhmkorff à l'aide de sa puissante machine d'induction. C'est lui-même qui a tout disposé avec son habileté bien connue, et avec un désintéressement dont je veux ici le remercier publiquement. Les pôles de sa machine étant mis en communication d'une part avec les armatures extrêmes d'une série de bouteilles de Leyde isolées, d'autre part avec un excitateur, selon la disposition adoptée pour un seul condensateur, la longueur de l'étincelle qui éclate entre les branches de l'excitateur augmente progressivement à mesure que le nombre des bouteilles augmente, tandis que sa grosseur, son éclat et le bruit qui l'accompagne semblent à peine diminuer. Sans condensateur l'étincelle de la décharge induite avait de 300 à 360 millimètres; avec une seule bouteille de Leyde de moyenne dimension elle avait 30 millimètres environ; avec huit bouteilles semblables disposées en série l'étincelle a atteint 130 millimètres. Nous avons ensuite employé des bouteilles à peu près doubles; avec une seule la distance explosible était 17 millimètres environ; les huit bouteilles ont donné une étincelle de 82 millimètres. L'addition d'une neuvième a augmenté l'étincelle de 8 millimètres. Dans cette manière d'opérer, les condensateurs successifs se déchargent immédiatement après avoir été chargés. Pour conserver la charge, il faut réunir l'un des pôles de la machine à la dernière armature extérieure et produire l'étincelle d'induction entre l'autre pôle et la première armature interne. La série se charge très-rapidement et on peut la décharger avec l'excitateur ordinaire; on observe l'allongement de la distance explosible comme avec le premier mode.

» Les mêmes phénomènes se reproduisent avec la machine électrique ordinaire; j'ai répété l'expérience au laboratoire du Lycée de Versailles, devant mon excellent collègue M. Lallemant, et le résultat général concorde avec le précédent.

» Nous pensons, M. Ruhmkorff et moi, que cette nouvelle manière de décharger les condensateurs peut être utile dans un grand nombre de cas. Avec un certain nombre de bouteilles de Leyde associées, soit en batterie, soit en série, on obtiendra des décharges appropriées, par la tension et par la quantité de l'électricité dépensée, aux effets les plus variés. Déjà M. Ruhmkorff a vu l'application de cette méthode aux belles recherches de MM. Plucker et Hittorf. Le résultat satisfaisant que nous avons obtenu, en faisant passer la décharge dans un tube capillaire disposé comme les leurs, mais contenant des gaz à la pression ordinaire, nous permet d'espérer que la disposition en série pourra leur être de quelque utilité. »

CHIMIE. — *Action réciproque des protosels de cuivre et des sels d'argent ; par* **MM. E. Millon** *et* **A. Commaille**. (Présenté par M. Pelouze.) (Extrait.)

« En versant une solution de protochlorure de cuivre ammoniacal dans une solution de nitrate d'argent, aussi additionnée d'ammoniaque, il se fait immédiatement un précipité d'argent métallique dans un état de pureté absolue. On observe en même temps les particularités suivantes :

» L'argent précipité est amorphe et dans un état de division tel, que le diamètre de chacun des grains n'excède pas 0,0025 de millimètre. On sait que l'argent obtenu par les courants électriques ou par l'action des métaux est le plus souvent brillant et toujours cristallin. L'argent amorphe que nous obtenons est d'un gris terne, mais quelquefois presque blanc; dans tous les cas, il prend sous le brunissoir l'éclat métallique le plus vif, et, à la faveur de son grand état de division, il est facile de l'appliquer sur les matières les plus diverses, telles que le bois, la pierre, le cuir et les tissus de différentes sortes. On a là du même coup l'argent pur et divisé. Il est probable qu'un tel état favorisera l'application de ce métal dans plusieurs industries.

» Pour concevoir tout le parti qu'on peut tirer de cette réaction dans diverses circonstances chimiques, soit pour extraire, purifier et doser l'argent, soit pour arriver à une analyse plus exacte des composés de cuivre, nous devons faire connaître tout de suite que la réaction s'opère, entre les principes réagissants, dans la proportion même de l'équivalent chimique.

» Ainsi, par le poids de l'argent précipité, on détermine exactement la quantité d'oxydule de cuivre engagée dans la réaction; peu importe que le protosel soit pur ou mélangé de bisel. On possède là un moyen tout à fait

rigoureux et nouveau d'analyser un mélange de protosel et de bisel de cuivre, et de se tenir, dans l'étude des composés cuivreux, à l'abri de toutes les causes d'incertitude auxquelles il était bien difficile précédemment d'échapper.

» Si le composé cuivreux est employé en quantité suffisante par rapport au sel d'argent, tout le métal contenu dans le sel argentique se trouve précipité. C'est en effet ce qui a lieu et ce que nous avons pu vérifier en partant d'une quantité connue d'argent dissoute dans l'acide nitrique, que nous avons retrouvée sans changement de poids appréciable, après l'action du protochlorure de cuivre ammoniacal.

» Ainsi $1^{gr},115$ d'argent fin ayant été dissous dans l'acide azotique et la liqueur ayant été rendue fortement ammoniacale, nous y avons versé du protochlorure de cuivre également ammoniacal. L'argent précipité, bien lavé, séché, pesait $1^{gr},114$, soit 99,91 pour 100.

» $0^{gr},588$ d'argent, traités de la même manière, se sont trouvés réduits à $0^{gr},5855$, soit 99,57 pour 100.

» Enfin $0^{gr},9827$ du même métal, toujours dissous de même, puis précipités par le chlorure cuivreux ammoniacal, ont pesé 0,983; soit, argent retrouvé, 100,03 au lieu de 100.

» Ce procédé, qui est rigoureux, donne l'argent sous un état tellement facile à recueillir et à doser, que l'analyse des composés argentiques trouvera dans cette méthode une simplification et surtout une célérité particulière.

» Pour passer des faits qui précèdent à la purification et à l'extraction de l'argent, nous avons attaché une grande importance à déterminer la solubilité du chlorure d'argent dans diverses liqueurs. A cet effet, nous avons employé comme dissolvant du chlorure d'argent caillebotté ou fondu, tantôt de l'ammoniaque pure à différents degrés de concentration, tantôt de l'ammoniaque additionnée d'une solution de chlorure potassique, ammonique, etc.; d'autres fois encore nous avons recherché la solubilité du chlorure argentique à la faveur des chlorures, mais sans le concours de l'ammoniaque.

» Nous avons employé, pour la précipitation de l'argent métallique, le protochlorure de cuivre très-ammoniacal, et nous avons obtenu les nombres qui seront indiqués plus bas, rapportés à l'argent métallique et à un litre de chaque liqueur.

» Les nombres obtenus sont consignés dans le tableau suivant :

DISSOLVANT DU CHLORURE D'ARGENT.	QUANTITÉ d'argent dissous.
Ammoniaque à 18° Cartier	51,6
Ammoniaque à 18° Cartier, additionnée de son volume d'eau	23,8
Ammoniaque à 22° Cartier	58,0
Ammoniaque à 26° Cartier	49,6
Ammoniaque à 18°, étendue de son volume d'une solution saturée de sel marin	20,8
Ammoniaque à 18°, étendue de son volume d'une solution saturée de chlorure de potassium	20,4
Ammoniaque à 18°, étendue de son volume de chlorhydrate d'ammoniaque.	22,4

» Le chlorure d'argent est insoluble dans les chlorures de calcium et de zinc.

» Les nombres précédents ont été obtenus avec le chlorure d'argent caillebotté, mais la solubilité du chlorure d'argent fondu ne paraît pas offrir une variation bien notable ; ainsi la solubilité du chlorure sous le premier état étant représentée par 49,6 de métal, elle se trouve de 48,4 avec le chlorure fondu. Toutefois, il est nécessaire de prolonger le contact en agitant de temps à autre le chlorure fondu et réduit en petits fragments.

» Le tableau précédent prouve qu'il est facile de dissoudre jusqu'à 58 grammes d'argent métallique, à l'état de chlorure, dans l'ammoniaque amenée au titre commercial de 22° qui s'obtient le plus généralement. Il nous semble que cette solubilité est suffisante pour qu'il soit possible de concevoir que les minerais d'argent, convertis en chlorure, seraient ramenés à une exploitation dans laquelle on supprimerait l'emploi si dangereux et si coûteux du mercure, et dont toutes les opérations d'extraction se trouveraient d'une simplicité toute particulière (1).

» Un litre d'ammoniaque saturée de chlorure d'argent serait précipité par 230 centimètres cubes d'une solution ammoniacale de protochlorure de cuivre au maximum de concentration ; on maintiendrait toujours le précipitant en excès, et l'on comprend que la même quantité de cuivre servirait in-

(1) Les résidus d'argent des laboratoires sont révivifiés si promptement par ce procédé, que nous pensons que bientôt on n'aura plus recours à d'autre moyen.

définiment ; il suffirait pour cela de réduire le bichlorure de cuivre formé, par le zinc ; réduction qui se fait avec la plus grande énergie au sein de la liqueur ammoniacale et qui reproduirait incessamment le cuivre métallique nécessaire à la formation du protochlure. On conçoit, d'autre part, qu'il y aurait un réemploi continuel de l'ammoniaque dégagée par la chaux et ramenée au degré de concentration voulu. Quant à la purification de l'argent, il semble inutile d'insister pour montrer combien elle est simplifiée par la méthode qui précède. »

ASTRONOMIE. — *Observation de la lumière zodiacale à Yzeure (Allier); Lettre de* **M. Laussedat** *à* M. le Secrétaire perpétuel.

« Yzeure, près Moulins, le 15 février 1863.

» Depuis quatre jours que je suis ici, j'ai eu l'occasion d'observer la lumière zodiacale tous les soirs de $6^h 30^m$ à $8^h 30^m$ et même un peu au delà. Un ciel d'une rare pureté et l'absence de la lune au-dessus de l'horizon ont rendu cette période de temps particulièrement favorable à l'observation d'un phénomène si difficile à saisir dans nos climats. Immédiatement après que le crépuscule a cessé, la lueur zodiacale apparaît très-distinctement depuis les confins de l'horizon jusque dans la constellation du Bélier, sur une hauteur de 50 à 60° au moins et sous la forme d'un triangle scalène dont le sommet s'incline vers le sud. La base de ce triangle peut avoir de 12 à 15°, mais la lueur s'affaiblit considérablement sur les bords et vers le sommet, et il n'est pas facile par conséquent d'en tracer exactement les limites. Hier, 14, vers $7^h 30^m$ du soir, je la suivais jusque dans le voisinage de la planète Mars, située en ce moment un peu au-dessous des Pléiades, et qui par parenthèse scintillait visiblement. L'éclat maximum de la lueur s'observait au tiers environ de sa hauteur, c'est-à-dire à 15 ou 20° au-dessus de l'horizon (1) ; il dépassait certainement celui de la voie lactée dans les régions les plus brillantes, par exemple dans la constellation de Cassiopée.

» Un de mes amis qui habite la campagne et à qui j'ai montré ce phénomène m'a assuré qu'il l'avait remarqué tous les soirs sans interruption depuis dimanche dernier, 8, et qu'il ne se souvenait pas d'en avoir jamais été frappé auparavant.

---

(1) Comme il n'y avait pas la moindre apparence de brume, il faut admettre que le décroissement d'intensité de la lueur près de l'horizon était produit par l'absorption des rayons lumineux qui traversent l'atmosphère sur une épaisseur plus considérable.

» Pendant toute cette semaine, le thermomètre est descendu au-dessous de zéro vers 7 heures du soir; le baromètre a été très-élevé et à $0^{m},773$ en moyenne, à une altitude de 225 mètres environ; les vents d'E. et de N.-E. ont toujours régné. L'air a été très-sec en général et le ciel toujours découvert.

» Je joins à ma Lettre un relevé des registres météorologiques de M. Giat, observateur consciencieux et assidu, dont la station au centre de la France mérite d'être signalée à l'Académie et aux météorologistes.

» Au moment où j'écris, le phénomène présente exactement la même apparence que pendant les soirées précédentes, et M. Giat en est témoin avec moi.

DATES.	THERMOMÈTRE. 9 heures du mat.	BAROMÈTRE. 9 heures du mat.	BAROMÈTRE. 5 heures du soir.	BAROMÈTRE. 9 heures du soir.	ALTITUDE du baromètre, 223^{m}.
	o	m	m	m	
Février 8	2,09	0,76571	0,76508	0,76481	
9	3,45	0,76853	0,76835	0,76955	
10	— 2,59	0,77243	0,77203	0,77319	
11	— 2,11	0,77218	0,77023	0,77144	
12	+ 0,48	0,77412	0,77347	0,77480	
13	— 1,80	0,77629	0,77412	0,77396	
14	+ 0,06	0,87317	0,77128	0,77131	
15	+ 0,06	0,77202	0,77183		

PHYSIQUE. — *Note sur l'extraction et le dosage des gaz dissous dans l'eau; par* M. Ad. Bobierre.

« Lorsqu'on mélange 53,739 volumes d'alcool anhydre avec 49,836 volumes d'eau, les 103,775 volumes se réduisent à 100; c'est là un fait bien connu. Ce qui l'est moins, c'est la nature des gaz qui, en pareil cas, se dégagent avec abondance. De Saussure avait cru voir dans ce phénomène un simple dégagement d'oxygène, l'alcool, selon cet observateur, en dissolvant 0,1625 de son volume, tandis que l'eau n'en dissoudrait que 0,065.

» En reprenant vers la fin de 1861 les expériences de de Saussure, je n'ai pas tardé à reconnaître que les gaz se dégagent en abondance, alors même que l'alcool a été soumis à l'ébullition. Dans le commencement de 1862, j'ai étudié le dosage des gaz de l'eau à l'aide de tubes gradués disposés sur le mercure, en profitant de la contraction d'un mélange de ce liquide avec l'alcool.

» Dans les premiers mois de cette même année, je faisais construire chez M. Salleron un appareil dans lequel je pouvais agir sur 1 $\frac{1}{2}$ litre environ d'eau alcoolisée et dont je soumets le croquis à l'Académie. M. Lallemant, professeur à la Faculté de Rennes, a vu cet appareil en août dans mon laboratoire. M. Labresson, mon collègue à l'École préparatoire des Sciences de Nantes, son préparateur, et beaucoup d'autres personnes, l'ont également vu fonctionner entre mes mains. Voulant toutefois déterminer avec soin les limites dans lesquelles pouvaient être comprises les erreurs du procédé, je m'étais promis de n'appeler l'attention bienveillante de l'Académie que sur une idée convenablement sanctionnée par l'expérimentation. Je me vois forcé de me départir de cette réserve et de signaler dès aujourd'hui le principe de ma méthode, car une Note lue à l'Académie de Médecine par M. le Dr Robinet, et qui m'a été adressée par ce savant, fait allusion au procédé dont je m'occupe depuis le commencement de 1862. M. Robinet, qui n'avait pas connaissance de mes travaux, déclare se borner à prendre date. Il opère comme je l'ai fait à l'origine de mes recherches, c'est-à-dire en faisant le mélange des liquides dans un tube gradué, moyen que j'ai abandonné comme ne comportant pas l'emploi de quantités suffisantes de liquide.

» En attendant que je puisse soumettre à l'Académie les chiffres de mes expériences, je la prie de vouloir bien accueillir et ma réclamation de priorité et le croquis de mon appareil. Je me hâte d'ajouter que M. Robinet a reconnu sans aucune réserve et avec un empressement plein de loyauté l'antériorité de mes essais sur les siens. »

M. Cavaillé-Coll prie l'Académie de vouloir bien lui accorder, dans la prochaine séance, un tour de lecture pour une communication relative à une « soufflerie de cabinet armée de régulateurs de la pression de l'air ou des gaz dans ses applications à des expériences d'acoustique et à la régularisation de l'émission du gaz d'éclairage ».

Mme de Corneillan, qui avait, dans les séances des 13 janvier et 17 février 1862, fait deux communications sur les résultats qu'elle avait obtenus pour le dévidage en soie grége du cocon du ver à soie de l'ailante, adresse un écheveau à plusieurs brins de cette soie obtenu par le dévidage simultané de huit cocons.

Cette nouvelle communication a été faite à l'occasion d'une Note récente

de *M. Guérin-Méneville*, Note dans laquelle l'auteur avait rappelé, quoique Mme de Corneillan semble supposer le contraire, les résultats obtenus par cette dame, comme ceux obtenus par M. Forgemol.

(Renvoi à la Commission des vers à soie.)

M. **Tournier** demande l'ouverture d'un paquet cacheté qu'il avait déposé le 15 avril 1861.

Ce paquet, ouvert en séance, renferme une Note concernant un système de télégraphie électrique dans lequel l'écriture des correspondants serait exactement reproduite.

M. **Poirel** rappelle l'envoi qu'il a fait d'une Note concernant un appareil destiné à prévenir la pénétration dans les poumons des poussières siliceuses au milieu desquelles respirent les tailleurs de pierre; peu après il avait adressé l'appareil lui-même. Il prie l'Académie de vouloir bien se faire faire un Rapport sur son invention.

(Renvoi à M. Cloquet, déjà chargé de l'examen des deux pièces.)

A 4 heures et demie, l'Académie se forme en comité secret.

COMITÉ SECRET.

La Section d'Économie rurale présente, par l'organe de son doyen M. **Boussingault**, la liste suivante de candidats pour la place de Correspondant vacante par suite du décès de *M. Bracy-Clark*.

En première ligne. . . . M. **de Vibraye**, à Cheverny (Loir-et-Cher).
En seconde ligne. . . . . M. **Parade**, à Nancy.

Ces candidats étant du nombre de ceux dont les titres ont été discutés dans le comité secret de l'avant-dernière séance, l'Académie ne revient pas sur cette discussion.

L'élection aura lieu dans la prochaine séance.

La séance est levée à 5 heures un quart. F.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

L'Académie a reçu dans la séance du 16 février 1863 les ouvrages dont voici les titres :

Éloge historique de Jean-Christian OErsted, Associé étranger de l'Académie des Sciences de l'Institut impérial de France; par M. ÉLIE DE BEAUMONT, Secrétaire perpétuel de l'Académie, lu à la séance publique annuelle du 29 décembre 1862. Paris, 1863; in-4°.

Description des machines et procédés consignés dans les brevets d'invention, de perfectionnement et d'importation; publiée par les ordres de M. le Ministre de l'Agriculture, du Commerce et des Travaux publics; t. XCIII. Paris, 1863; vol. in-4°.

Mémoires de l'Académie impériale de Médecine; t. XXV, 2e partie, année 1862. Paris, 1862; vol. in-4°.

Les Fumeurs d'opium en Chine; étude médicale; par le Dr H. LIBERMANN. Paris, 1862; in-8°. (Présenté au nom de l'auteur par M. J. Cloquet.)

Quelques considérations sur la fièvre jaune; moyens prophylactiques de cette maladie, etc.; par le Dr M. MARQUÈS DE CARVALHO, médecin brésilien. Paris, in-4°.

Résumé météorologique de l'année 1861 *pour Genève et le grand Saint-Bernard; par* E. PLANTAMOUR. (Extrait de la *Bibliothèque universelle de Genève*, août 1862.) Genève, 1862; in-8°.

Essais sur la Nouvelle-Calédonie; par MM. VIEILLARD et E. DEPLANCHE. (Extrait de la *Revue Maritime et Coloniale.*) Paris, 1863; in-8°. (2 exempl.)

Notice sur une ovariotomie pratiquée le 29 *septembre* 1862; *par* E. KOEBERLÉ. Strasbourg, 1862; br. in-8° avec 6 planches lithographiées.

Annuaire des cinq départements de la Normandie, publié par l'Association Normande; 29e année, 1863. Caen; vol. in-8°.

New magnetic... *Nouvelle théorie magnétique; par* OMEGA. Tunbridge-wells, 1862; br. petit in-8°.

Il barometro... *Note sur le baromètre aréométrique à balance de la* Loggia d'Orgagna *à Florence; par* le P. prof. Filippo CECCHI. — *Théorie analytique élémentaire des baromètres aréométriques à mercure; par* Giov. ANTONELLI. Florence, 1862; br. in-8°. (2 exempl.)

Relazioni... *Mémoire sur les relations entre certaines propriétés thermiques et d'autres propriétés physiques des corps; par* Giov. CANTONI. Pavie, 1862; br. in-8°.